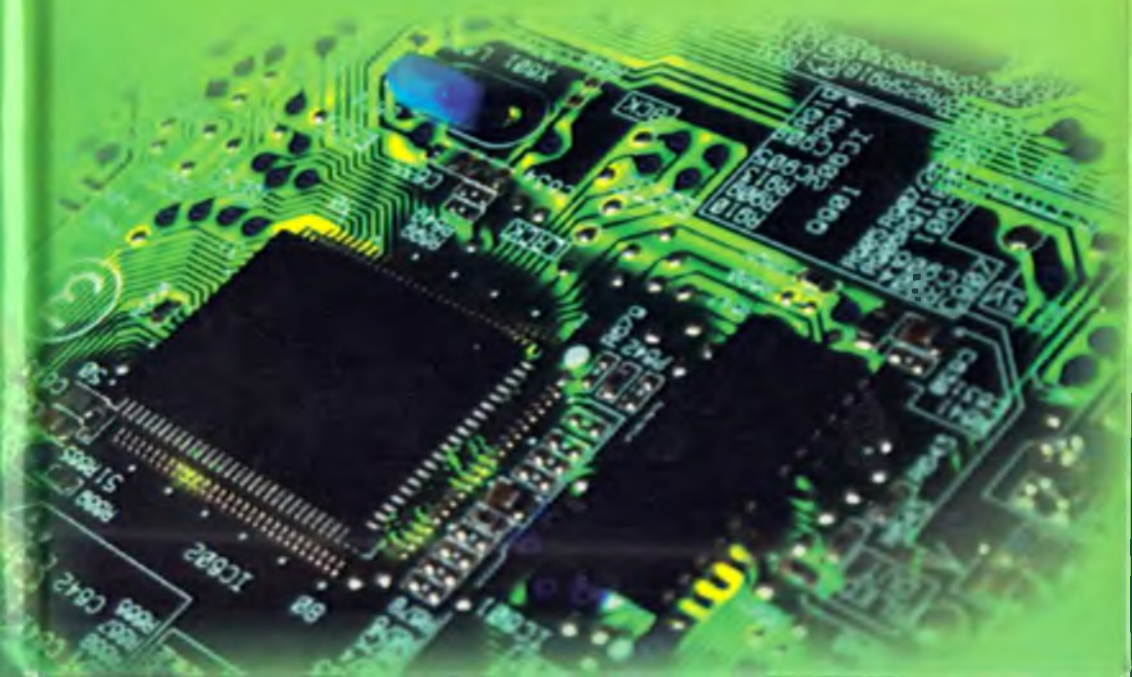


B-14
M. K. Baxodirxonov, N. F. Zikirillayev,
X. M. Iliyev

YARIM O'TKAZGICHLAR FIZIKASI



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

**“ELEKTONIKA VA MIKROELEKTRONIKA”
KAFEDRASI**

**M. K. Baxodirxonov, N. F. Zikirillayev,
X. M. Iliyev**

YARIM O‘TKAZGICHLAR FIZIKASI

*(Darslik elektronika sohasiga qiziquvchilar, talabalar, magistlar,
mustaqil tadqiqotchilar, o‘qituvchilar va mustaqil o‘rganuvchilar uchun
tavsiya etiladi)*

Toshkent – 2016

“Yarim o‘tkazgichlar fizikasi” M. K. Baxodirxonov, N. F. Zikirillayev, X. M. Iliyev; – Toshkent 2016. 312 bet

Darslik fanning asosiy bo‘limlarini aks ettirgan holda, XII bobdan tashkil topgan. Birinchi bobda yarim o‘tkazgich materiallariga mansub bo‘lgan qattiq jismlar kristall tuzulishi haqida asosiy tushunchalar berilgan. Ikkinchi bobda yarim o‘tkazgich materiallarida kristall panjara nuqsonlari, yarim o‘tkazgichli materiallariga kirishma atomlari diffuziyasi va ularning eruvchanligi ko‘rib chiqilgan. Uchinchi bobda yarim o‘tkazgich materiallarida elektr o‘tkazuvchanlik mexanizmi, xususiy va kirishmali yarim o‘tkazgichlarda zaryad tashuvchilar statistikasi keltirilgan. To‘rtinchi bobda yarim o‘tkazgich materiallarining fotoelektrik xossalari ko‘rib chiqilgan. Beshinchi bobda elektronlarning energetik holatlari berilgan. Oltinchi - sakkizinchi boblarda yarim o‘tkazgichlarda kinetik hodisalar metal – yarim o‘tkazgich kontakt sohasi va p-n o‘tish sohasidagi fizik jarayonlar, tranzistorlar tuzilishi va ishlashi yoritib berilgan. To‘qqizinchi - o‘n ikkinchi boblarda mikroelektronikaning rivojlanishida texnologiyaning o‘rni, nano elektronika fizikasi va ular asosida fizik texnologiyaning o‘rni, nano elektronika fizikasi va ular asosida fizik kattaliklarnin o‘lchovchi dachiklar yaratish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Yarim o‘tkazgichlar fizikasi chuqur bilimga ega bo‘lishi mikro- va nanoelektronika sohasi bo‘yicha yetuk muhandis texnologlar, ilmiy tadqiqotchilar hamda pedagog kadrlar tayyorlashdagi muxim bosqichdir. Darslik texnika oily o‘quv yurtlari talabalari, katta ilmiy xodim - izlanuvchilari va pedagoglarga mo‘ljallangan.

Tuzuvchilar:

M.K. Boxodirxonov, N.F. Zikirillayev, X.M. Iliyev

Taqrizchilar:

Nazirov D.E – f.-m.f.n., dotsent. O‘zMU “Yarim o‘tkazgichlar va polimerlar fizikasi” kafedrası mudiri.

Yusupov D.B.- f.-m.f.d., professor. TDTU “Umumiy fizika” kafedrası mudiri.

2430113

Kirish

Butun dunyo fan va texnikaning rivojlanishida ayniqsa, hozirgi nanotexnologiya va nanoelektronika asarida yoshlar orasida elektronika faniga bo'lgan qiziqish tobora ortmoqda. Shuning uchun elektronika fanining asosi bo'lgan "Yarim o'tkazgichlar fizikasi" fanini qiziqarli, tushunarli va sodda tilda yozilgan adabiyotlarga talab kuchayib bormoqda. Ushbu o'quv qo'llanma oliy o'quv yurtlarida Fizika, Elektronika sohasi bo'yicha ta'lim olayotgan bakalavr va magistr'larga mo'ljallangan. O'quv qo'llanmada Elektronika va mikroelektronika asosi bo'lgan yarim o'tkazgichlar fizikasining Qattiq jismlar, Yarim o'tkazgich materiallari, Yarim o'tkazgichlarda tok o'tkazish mexanizmi, Yarim o'tkazgichlarda fotoelektrik hodisalar, Qattiq jismlarda elektronlarning energetik holatlari, Metall-yarim o'tkazgich kontakti va p-n o'tish fizikasi, yarim o'tkazgichlarda kinetik hodisalar boblari nazariy va ko'proq fizikaviy tushunchalari yoritilgan. Har bir bobning so'ngida mavzularni chuqurroq o'zlashtirish maqsadida nazariy savollar berilgan hamda nazariy bilimlarni amaliy qo'llash uchun masalalar taqdim etilib, ularni yechish namunalari ham keltirilgan. O'quv qo'llanma o'zbek tili lotin grafikasida sodda va tushunarli qilib yozilganligi va ushbu shaklda chop etilgan darsliklarning deyarli mavjud emasligi o'quv qo'llanmaga bo'lgan talabni oshiradi.

1-BOB. QATTIQ JISMLAR

1.1 Qattiq jismlarning fizikasida asosiy tushunchalar

Qattiq jism – aniq shaklga ega bo‘lgan va uni tashkil etgan atomlar o‘zining muvozanat holati atrofida mavjud haroratga mos doim tebranishga ega bo‘lgan modda holatiga aytiladi.

Qattiq jismlar atom tuzulishiga qarab 3 turga bo‘linadi:

1. Monokristallar – qattiq jismni tashkil etgan atomlar o‘zaro tartibli va davriy joylashgan holatda bo‘lib, bunda qattiq jism qanday o‘lchovda bo‘lishidan qat’iy nazar undagi har qanday atom o‘zining yaqin va uzoq atomlar bilan bir xil tartib va davriy tuzulishga ega bo‘ladi. Tabiatda monokristallar (olmos, kvarts) kam uchraydi. Odatda ular su‘niy usulda olinadi.

2. Polikristallar – o‘lchovlari $1 \div 100$ mkm li monokristall donachalardan tashkil topgan qattiq jismdir. Bunda monokristall atomlarning tartibli va davriy tuzulishi buzulishdan tashqari ular o‘rtasida ma’lum bo‘shliq hosil bo‘ladi.

3. Amorf jismlar – bunday qattiq jismlarda atomlarning yaqin qo‘shni atomlar bilan tartibli va davriy joylashishi mavjud bo‘lsa ham, undan uzoqlashgan sari atomlarning davriy tartibli joylashishi buzila boradi. Masofa uzoqlashgan sari bunday buzilish kuchli namoyon bo‘ladi. Shuning uchun ilmiy tilda atomlar joylashishida yaqin tartib mavjud, ammo uzoq tartib bo‘lmagan qattiq jismlarga amorf jismlar deb nom berilgan. Qattiq jismlar o‘zlarining elektr va issiqlik o‘tkazuvchanligiga qarab quyidagi turlarga bo‘linadi:

Metallar – yuqori elektr va issiqlik o‘tkazuvchanlikka ega, harorat pasayishi bilan o‘tkazuvchanligi ortib boradigan, yuqori plastik xossaga ega bo‘lgan qattiq jismdir. Ko‘pchilik metallar o‘ta past haroratda ($t = 0,1 \div 23$ K) o‘ta o‘tkazuvchanlik xossasiga ega bo‘ladi.

Yarim o‘tkazgichlar – elektr o‘tkazuvchanligi metallarnikidan ancha kam ($\sigma = 10^3 \div 10^{10}$ (Om/sm)⁻¹), kirishma atomlar konsentratsiyasiga o‘ta sezgir, harorat pasayishi bilan elektr o‘tkazuvchanligi eksponensial qonuniyat bilan kamayadigan, past haroratlarda ($t = 1 \div 2$ K) dielektrik xossasiga ega bo‘lgan qattiq jismlardir.

Dielektriklar – elektr va issiqlik o‘tkazuvchanligi juda kam va tashqi elektr maydoni ta’sirida qutblanishga ega bo‘lgan qattiq jismlardir.

Segnetoelektriklar – bunday kristallar dielektrik bo‘lib, ma’lum harorat oralig‘ida o‘z - o‘zidan poliyarizatsiyalanadigan - tashqi ta’sirga o‘ta sezgir qattiq jismlardir.

Ferromagnit qattiq jismlar - Kyuri haroratidan past haroratlarda ion yoki atomlar magnit momentlarining (metall bo'lmagan qattiq jismlarda) yoki jamlangan elektronlar magnit momentlarining (metallarda) ferromagnetik tartibi

Kompozitsion materiallar – alohida texnologiya asosida aniq miqdorda olingan, fizik xossalari har xil bo'lgan moddalar aralashmasidan iborat bo'lgan qattiq jismdir. Kompozitsion materiallarning fizik xossalari ularni tashkil etgan moddalar xossalaridan tubdan farq qiladi.

Quyidagi jadvallarda ba'zi o'tkazgichlarning ayrim xossalari keltirilgan:

1.1 – jadval. O'tkazgichlarning solishtirma qarshiligi

№	O'tkazgichlar	ρ -solishirma qarshilik xona haroratida $T=300\text{ K}$	
		$\text{Om}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$	$\text{Om}\cdot\text{m}$
		0.027	$2.7\cdot 10^{-8}$
2	Volfram	0.055	$5.5\cdot 10^{-8}$
3	Grafit	8.0	$8.0\cdot 10^{-6}$
4	Temir	0.1	$1.0\cdot 10^{-7}$
5	Oltin	0.022	$2.2\cdot 10^{-8}$
6	Iridiy	0.0474	$4.74\cdot 10^{-8}$
7	Konstantan	0.50	$5.0\cdot 10^{-7}$
8	Litiyli po'lat	0.13	$1.3\cdot 10^{-7}$
9	Magniy	0.044	$4.4\cdot 10^{-8}$
10	Magnin	0.43	$4.3\cdot 10^{-7}$
11	Mis	0.0172	$1.72\cdot 10^{-8}$
12	Molibden	0.054	$5.4\cdot 10^{-8}$
13	Neyzilber	0.33	$3.3\cdot 10^{-8}$
14	Nikel	0.087	$8.7\cdot 10^{-8}$
15	Nixrom	0.092	$1.12\cdot 10^{-6}$
16	Qalay	0.12	$1.2\cdot 10^{-7}$
17	Platina	0.107	$1.07\cdot 10^{-7}$
18	Simob	0.96	$9.6\cdot 10^{-7}$
19	Qo'rg'oshin	0.208	$2.08\cdot 10^{-7}$
20	Kumush	0.016	$1.6\cdot 10^{-8}$
21	Chuyan	1.0	$1.0\cdot 10^{-6}$
22	Rux	0.059	$5.9\cdot 10^{-8}$

1.2 – jadval. Moddalani o‘ta o‘tkazuvchanlik holatiga o‘tish harorati va kirishma atomlari

Element	Kritik harorat T_c K	H_c Gs
Al	1,196	99
Cd	0,56	30
Ga	1,091	51
Hf	0,09	–
Hg α (romboedr)	4,15	411
In	3,4	293
Ir	0,14	19
La α	4,9	798
Mo	0,92	98
Nb	9,26	1980
Os	0,655	65
Pa	1,4	–
Pb	7,19	803
Re	1,698	198
Ru	0,49	66
Sn	3,72	305
Ta	4,48	830
Tc	7,77	1410
Th	1,368	162
Ti	0,39	100
Tl	2,39	171
U α	0,68	–
U γ	1,8	–
V	5,3	1020
W	0,012	1
Zn	0,875	53
Zr	0,65	47

1.3 -- jadval. Eng asosiy yarimo'tkazgich materiallarning parametrlari

	Ge	Si	GaAs	GaP	CdS	CdTe	ZnS	ZnS
Atomlar soni (sm^{-3})	$4,42 \cdot 10^{22}$	$5,0 \cdot 10^{22}$	$4,42 \cdot 10^{22}$	$5,02 \cdot 10^{22}$	$4 \cdot 10^{22}$	$1,46 \cdot 10^{22}$	$5 \cdot 10^{22}$	
Atom massasi g/mol	72,6	28,09	144,63	100,7	144,46	240	97,45	
Teshilish kuchlanishi V/sm	~ 10	$\sim 3 \cdot 10$	$\sim 4 \cdot 10$					
Kristall strukturasi	Olmos	Olmos	Ruh obmank asi	Ruh obmank asi	Vyursi t	Ruh obmank asi	Ruh obmank asi	Vyursi t
Zichligi g/sm^3	5,3267	2,328	5,32	4,07	4,82	5,86	4,09	4,1
Solishtirma dielektrik singdiruvchanlik	16	11,9	13,1	11,1	5,4	10,2	5,2	
O'tkazuvchanlik sohasida effektiv holatlar zichligi $N_c \cdot \text{sm}^{-3}$	$1,04 \cdot 10^{19}$	$2,8 \cdot 10^9$	$4,7 \cdot 10^{17}$	$8,6 \cdot 10^{19}$	$1,04 \cdot 10^{19}$	$2,1 \cdot 10^{19}$	$2,9 \cdot 10^{19}$	$2,9 \cdot 10^9$
Valent sohasida effektiv zichligi $N_v \cdot \text{sm}^{-3}$	$6,0 \cdot 10^8$	$1,04 \cdot 10^{19}$	$7,0 \cdot 10^{18}$	$5,2 \cdot 10^{19}$	$8,32 \cdot 10^{19}$	$9,6 \cdot 10^{19}$	$1,42 \cdot 10^{19}$	$1,42 \cdot 10^{19}$
Xususiy yarim o'tkazgichni solishtirma qarshiligi $\Omega \cdot \text{sm}$	47	$2,3 \cdot 10^5$	10	$4,16 \cdot 10$	$5,26 \cdot 10^0$	$1,4 \cdot 10$	$1,8 \cdot 10$	

1.4 – jadval. Yarimoʻtkazgich materiallar

Material	Element yoki birikmalar	Nomlanishi	Kristal strukturasi	Panjara doimiysi (A°) 300 K da
Element	C	Uglerod	D	3,56683
	Ge	Germaniy	D	5,64613
	Si	Kremniy	D	5,43095
	Sn	Qalay	D	6,4892
IV-IV	SiC	Karbit Kremniy	W	a=3,086; c=15,117
III-V	AlAs	Arsined Alyuminiy	Z	5,6605
	AlP	Alyuminiy Fosfid	Z	5,451
	AlSb	Alyuminiy Antimonidi	Z	6,1355
	BN	Bor Nitrit	Z	3,615
	BP	Bor Fosfid	Z	4,538
	GaAs	Galiy Arsinet	Z	5,6533
	GaN	Galiy Nitrit	W	a=3,189; c=5,185
III-V	GaP	Galiy Fosfid	Z	5,4512
	GaSb	Galiy Antimonidi	Z	6,0959
	InAs	Indiy Arsenit	Z	6,0584
	InP	Indiy Fosfid	Z	5,8686
II-VI	InSb	Indiy Antimonidi	Z	6,4794
	CdS	Kadmiy Sulfid	Z	5,832
	CdS	Kadmiy Sulfid	W	a=4,16; 6,756
	CdSe	Kadmiy	Z	6,05

		Selenid		
	CdTe	Kadmiy Tellurid	Z	6,482
	ZnO	Rux Oksid	R	4,58
	ZnS	Rux Sulfid	Z	5,42
	ZnS	Rux Sulfid	W	a=3,82; c=6,26
IV-VI	PbS	Qo'rg'oshin sulfid	R	5,9362
	PbTe	Qo'rg'oshin tellurid	R	6,462
	PbSe	Qo'rg'oshin selenid	R	6,12

D – olmos, W – vyursit, Z – ruh obmankasi, R – osh tuzi.

1.5 – jadval. Dielektriklar

Dielektriklar	Solishtirma elektr qarshiligi ρ (Om·m) (T=300K)	Dielektriklar	Solishtirma elektr qarshiligi ρ (Om·m) (T=300K)
Bakelit	10^{16}	Pleksiglas	10^{13}
Benzol	$10^{15} \dots 10^{16}$	Polistirol	10^{16}
Qog'oz	10^{15}	Polixlorvinil	10^{13}
Distrangan	10^4	Polietilen	$10^{10} \dots 10^{13}$
suv	0,3	Silikon yog'	10^{14}
Dengiz suvi	$10^9 \dots 10^{13}$	Slyuda	10^{11}
Quruq daraxt	10^2	Shisha	$10^{10} \dots 10^{13}$
Ho'l yer	10^{16}	Transformator	10^{14}
Kvars shisha	$10^{10} \dots 10^{12}$	yog'i	10^5
Kerosin	10^8	Farfor	$10^{16} \dots 10^{18}$
Mramor	$10^{14} \dots 10^{16}$	Shifer	
Parafin	10^{14}		
Parafin yog'			

1.6 – jadval. Ba'zi kimyoviy moddalarning fazaviy o'tish harorati

Moddalar	Kimyoviy Formulasi	Fazaviy o'tish harorati T °C.	Maksimal spontan qutblanish P(mkKl·s m ⁻²)	Simmetriyalarning nuqtaviy guruhleri	
				Qutbsiz faza	Qutbli faza
Bariy titanati	BaTiO ₃	133	25	m3m	4mm
Tuz segneti	KNaC ₄ H ₄ O ₆ ·4H ₂ O	-18-24	0,25	222	2
Triglitsinsulfat	(NH ₂ CH ₂ COOH) ₂ ·H ₂ SO ₄	49	2,8	2/n	2
Kaliy Digidrofosfati	KH ₂ PO ₄	-150	5,1	m	2
Kaliy Dideyterofosfati	KD ₂ PO ₄	-51	6,1	m	2
Litiy niobati	LiNbO ₃	1210	50	m	3m
Ammoniy fluorberillati	(NH ₄) ₂ BeF ₄	-97	0,15	mmm	2
Godolin molibditi	Gd ₂ (MoO ₄) ₃	159	0,18	m	2
Vismut titanat	BiTi ₃ O ₁₂	675	–	4mmm	M

1.7 – jadval. Ferromagnetiklar uchun ferromagnit Kyuri haroratining qiymatlari

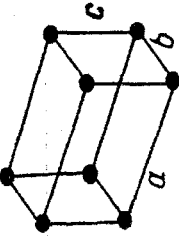
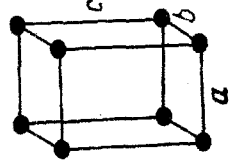
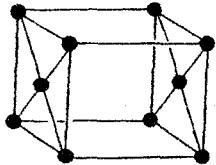
Modda	Kyuri haroratida T_c , °C	Modda	Kyuri haroratida T_c , °C
RbNiF ₃	139	GdFe ₂	789
CsNiF ₃	150	Fe ₃ O ₄	858
Gd ₃ Fe ₅ O ₁₂	564	SmCO ₂	1020
MgFe ₂ O ₄	713		

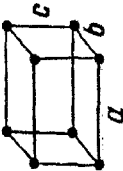
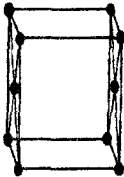
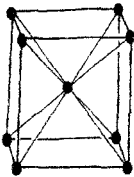
1.2. Qattiq jismlarning kristall panjaralari

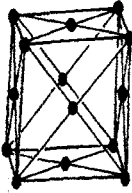
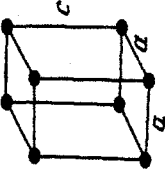
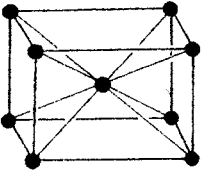
Kristall deganda, qattiq jismni tashkil etgan atomlarning tartibli va davriy joylashganini tushunamiz. Bunda atomlar fazoda bir- birlari bilan har xil burchaklardagi 3 ta yo‘nalish bo‘ylab davriy joylashgan bo‘ladi. Kristallardagi xohlagan atomni olib eng yaqin qo‘shni atomlar asosida tuzilgan (a,b,c) hajmga ega bo‘lgan geometrik shakl bu berilgan kristallning elementar yacheykasi deb ataladi. Demak, bu elementar yacheykani a,b,c yo‘nalishlar bo‘yicha ko‘chirish hisobiga xohlagan o‘lchovdagi kristall hosil qilish mumkin. Elementar yacheyka asosini tashkil etgan (a,b,c) yo‘nalish bo‘yicha vektorlar kattaligi kristall panjara doimiysi deb ataladi. Demak, kristallning eng kichik bo‘linmaydigan xolati bu elementar yacheyka bo‘lib xizmat qiladi.

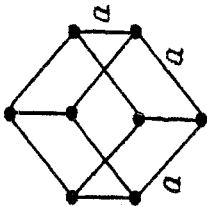
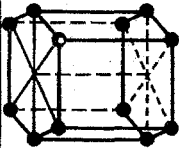
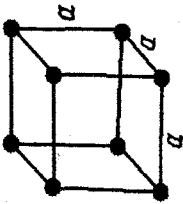
Kristall panjaraning atomlarining a,b,c yo‘nalishlari orasidagi burchaklar (α, β, γ) va a,b,c yo‘nalishlar qiymatiga qarab kristall panjaralar tuzilishini 14 xilga bo‘lish mumkin. Bularni Bravi elementar yacheykalar deb ataladi. Bu 14 xil kristall yacheykalarni 7 ta guruhga ajratiladi.

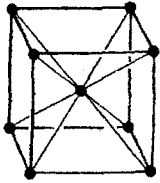
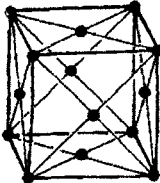
1.8 – jadval Panjara turlari – Bravye panjaralari

<p>uz. Triklin panjara ru. Триклинная решётка en. Triclinic lattice</p>	<p>To'g'ri burchaklari bo'lmagan, qirra uzunliklari turlicha bo'lgan geometrik shakldagi panjara.</p>	<p>$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$</p>	
<p>uz. Monoklin panjara ru. Моноклинная решётка en. Monoclinic lattice</p>	<p>Qirra uzunliklari (a,b,c) turlicha bo'lgan, a va c hamda b va c tomonlar o'rtasidagi burchak 90°, ammo a va b tomonlar orasidagi burchak 90° ga teng bo'lmagan panjara.</p>	<p>$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$</p>	
<p>uz. Asosi markazlashgan monoklin panjara ru. Монокли́нная решётка с центрированными основаниями en. Basecentered monoclinic</p>	<p>Monoklin panjaraning asoslari markazlarida atom joylashgan bo'ladi.</p>	<p>$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$</p>	

<p>uz. Rombik panjara ru. Ромбическая решётка en. (Ortho)rhombic lattice</p>	<p>Shakli to'g'ri burchakli parallelepipeddan iborat panjara.</p>	 <p>$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$</p>
<p>uz. Asosi markazlash-gan rombik panjara ru. Ромбическая решётка с центрированными основаниями en. Base centered rhombic lattice</p>	<p>Rombik panjaraning asoslari markazlarida atom joylashgan bo'ladi.</p>	 <p>$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$</p>
<p>uz. Hajmi markazlash-gan rombik panjara ru. Ромбическая решётка объёмноцентри рованной en. Body-centered rhombic lattice</p>	<p>Rombik panjaraning markazida atom joylashgan bo'ladi.</p>	 <p>$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$</p>

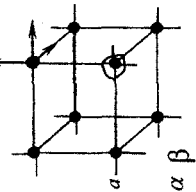
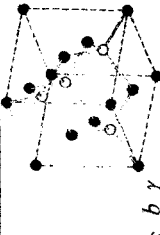
<p>uz. Tomonlari markazlashgan rombik panjara ru. Ромбическая решётка геометрированная en. Face-centered rhombic lattice</p>	<p>Rombik panjaraning tomonlari markazla-rida atom joylashgan bo' ladi.</p>	 $a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
<p>uz. Tetragonal panjara ru. Тетрагональная решётка en. Tetragonal lattice</p>	<p>Asosi kvadrat bo' lgan to'g'ri burchakli parallelepiped shaklidagi panjara.</p>	 $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
<p>uz. Hajmi markaz- lashgan tetragonal panjara ru. Тетрагональная решётка объёмно- центрированная en. Body-centered tetragonal lattice</p>	<p>Tetragonal panjaraning markazida atom joylashgan bo' ladi.</p>	 $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

<p>uz. Romboedrik panjara (Trigonal panjara) ru. Ромбоэдрическая (Тригональная) решётка en. Rhombohedral (trigonal) lattice</p>	<p>Tomonlari bir-biriga teng, burchaklari ham bir-biriga teng va 90° ga teng bo'lmagan geometrik shakldagi panjara yoki asoslari va tomonlari romblardan iborat bo'lgan panjara.</p>	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	
<p>uz. Geksagonal panjara ru. Гексагональная решётка en. Hexagonal lattice</p>	<p>Asosi to'g'ri olti burchakli prizma shaklidagi panjara.</p>	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$	
<p>uz. Kubik panjara (Oddiy kub panjara) ru. Кубическая решётка en. Cubic lattice</p>	<p>Shakli kub ko'rinishidagi panjara. Kubik panjara uch xil ko'rinishi mavjud: oddiy, hajmi markazlashgan va tomonlari markazlashgan.</p>	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	

<p>uz. Hajmi markazlashgan kub ru. Кубическая решётка объёмноцентрированная en. Body-centered cubic lattice</p>	<p>Shakli kub ko'rinishidagi ammo markazi-dagi bitta atom joylashgan panjara.</p>	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
<p>uz. Tomonlari markazlashgan kub ru. Кубическая решётка гранцентрированная en. Face-centered cubic lattice</p>	<p>Shakli kub ko'rinishidagi ammo kubning olti tomonlari o'rtalarida bittadan atom joylashgan panjara.</p>	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	

Elementar yacheykalar o'z ichiga olgan atomlar soniga qarab, oddiy va murakkab (atomlar zich joylashgan) turlarga bo'linadi. Ular quyidagi jadvalda keltirilgan:

1.9 – jadval

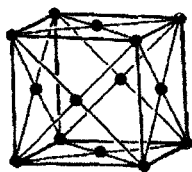
<p>uz. Elementar kristall panjara ru. Элементарная кристаллическая решётка en. Elementary crystal lattice</p>	<p>Kristall panjara doimiy (a,b,c) lar asosida qurilgan eng kichik panjaradir. Elementar kristall panjarani 3 xil yo'nalishga o'z-o'ziga mos ravishda siljitish orqali xohlagan o'lchamdagi kristallni olish mumkin.</p>	
<p>uz. Murakkab kristall panjara ru. Сложная кристаллическая решётка en. Complex lattice</p>	<p>Elementar panjaraning nafaqat tugunlarda, balki (uning yon tomonida va ichida) tugunlararo va hajmda atomlar joylashgan bo'ladi. Masalan oddiy kub panjarada bitta atom tegishli bo'lsa, hajmi markazlashgan panjaraga 2ta atom, tomonlari markazlashgan panjaraga 4ta atom tegishli bo'ladi. Panjarada atomlar soni</p> $N = \frac{A}{8} + \frac{B}{4} + \frac{C}{2} + D$ <p>A-panjara tugunlaridagi, B-qirralaridagi, C-tomonlaridagi, D-hajmidagi atomlar soni.</p>	 <p>Ruh sulfidi kristall panjarasi</p>

Elementar yacheyka o'z ichiga olgan atomlar sonini quyidagicha hisoblab topiadi:

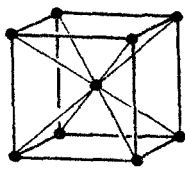
Masalan, kub elementar yacheykada har bir tugunda joylashgan atom bir vaqtning o'zida xuddi shunday 8 ta elementar yacheyka tuzulishida ishtirok etganligi uchun tugunda joylashgan atomlar soni A ni topish uchun 8 ga bo'lish lozim. $A/8$ bo'ladi.

Demak, tugunda joylashgan atomning $1/8$ qismigina shu elementar yacheykaga taalluqli bo'ladi.

Agar kub yacheyka tomonlari markazlashgan bo'lsa (1.1a rasm), unda tomonlarda turganatom 2 ta shunday elementar yacheyka tuzulishida qatnashayotgani uchun undagi atomlar soni B ning yarmi ya'ni $B/2$ shu ko'rilayotgan elementar yacheykaga tegishli bo'ladi. Agar atomlar kub yacheykaning qirralari orasida joylashgan bo'lsa, undagi atomlarning $1/4$ qismigina shu elementar yacheykaga tegishli bo'ladi. Qirradagi atomlar soni C bo'lsa, unda bu yacheykaga tegishli atomlar soni $C/4$ bo'ladi. Agar kub panjara hajmiy markazlashgan bo'lsa, (1.1b rasm), uning hajmidagi atom faqat shu yacheykaga tegishli bo'ladi.



(a)



(b)

1.1 – rasm. Tomonlari markazlashgan kub yacheyka (a), hajmiy markazlashgan kub yacheyka (b).

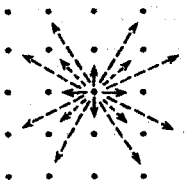
Shunday qilib, biz o'rganayotgan har qanday elementar yacheykaga tegishli atomlar sonini quyidagicha aniqlash mumkin:

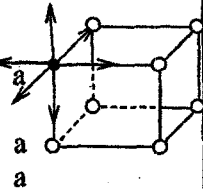
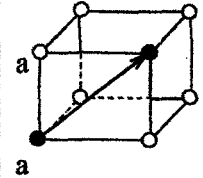
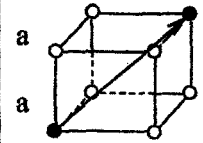
$$N = A/8 + C/4 + B/2 + D \quad (1.1).$$

Kristallarda yana **koordinatsion son** degan tushuncha mavjud. Bu kristalldagi xohlagan atomning eng yaqin qo'shni atomlari sonini ko'rsatadi. Bunday qo'shni atomlar ko'rilayotgan atomga nisbatan yaqin, uzoq va yanada uzoqroq joylashishiga qarab kordinatsion son har xil tartibga ega bo'ladi. Masalan, kub kristallda 1- tartibli kordinatsion son bu ko'rilayotgan atomning eng yaqin qo'shni atomlar sonini, 2- tartibli kordinatsion son esa undan keyinroq masofada joylashgan qo'shni atomlar sonini, 3- tartibli kordinatsion son esa 2- tartibli kordinatsion sonidan keyingi masofada joylashgan atomlar soni bilan bu tartib kristallarda $1+n$ gacha davom etishi mumkin, ya'ni kordinatsion sonlar N - tartibli bo'lishi mumkin. Shuni ta'kidlash lozimki, kristallarda xohlagan atom uchun $1,2,3,\dots,n$ tartibli kordinatsion soni va ko'rilayotgan atom bilan xohlagan kordinatsion sondagi masofa o'zgarmas bo'ladi. Bu degan so'z, kristallarda hamma vaqt yaqin va uzoq tartib mavjud bo'ladi.

Ular haqidagi ma'lumotlar jadvalda keltirilgan:

Koordinatsion son. Yaqin va uzoq tartib 1.10 – jadval

<p>uz.Koordinatsion son ru.Координационное число en.Koordination number</p>	<p>Kristalldagi har qanday atomning eng yaqin qo'shnilar soni. Qo'shnilar ko'rilayotgan atomga nisbatan yaqin, uzoq va yanada uzoq bo'lishi mumkin. Bunday qo'shnilar soni va ular o'rtasidagi masofa kristalldagi barcha atomlar uchun doimo bir xil bo'ladi.</p> <p>Bunday qo'shnilar 1, 2, 3, ..., n- tartibli qo'shnilar yoki 1, 2, 3, ..., n- tartibli koordinatsion sonlar deyiladi. Har bir koordinatsion tartibli koordinatsion qo'shni soni va ular o'rtasidagi masofa hamma atom uchun bir xil va o'zgarmas bo'ladi. Bu kristall asosi hisoblanadi.</p>	
---	---	---

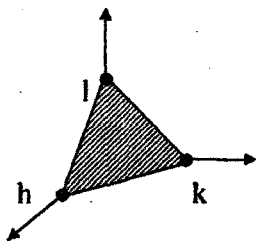
<p>uz.1-tartibli koordinatsion son ru.Координационное число первого порядка en.Koordination number of first order</p>	<p>Kub kristall panjarada 1-tartibli koordinatsion sonlar soni 6 ta bo'lib ular orasidagi masofa $d=a$, ya'ni panjara doimiysiga teng.</p>	
<p>uz.2-tartibli koordinatsion son ru.Координационное число второго порядка en.Koordination number of second order</p>	<p>Kub kristall panjarada 2-tartibli koordinatsion sonlar soni 12 ta va ular orasidagi masofa $d=a\sqrt{2}$ ga teng.</p>	
<p>uz.3-tartibli koordinatsion son ru.Координационное число третьего порядка en. Koordination number of third order</p>	<p>Kub kristall panjarada 3-tartibli koordinatsion sonlar soni 8 ta bo'lib, ular orasidagi masofa $d=a\sqrt{3}$ ga teng.</p>	

Kristallardan farqli holda amorf moddalarda yaqin tartib mavjud bo'lib, uzoq tartib buziladi, ya'ni mavjud emas.

1.3. Miller indekslari

Kristallar ta'biy bo'lsin, yoki sun'iy yo'l bilan olingan bo'lsin ular bir xil atomlardan (olmos, Ge, Si) yoki 2-3 xil atomlardan tuzilgan bo'lishadi. (NaCl, LiF, GaAs). Demak, kristallar monoatomlik yoki murakkab atomlik kristallarga bo'linadi. Kristallarda atomlar joylashgan

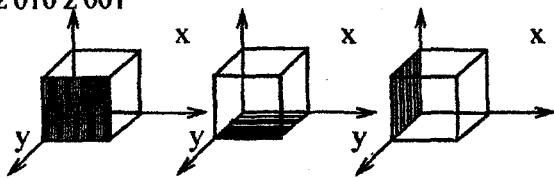
tekislik va uning yo'nalishini aniqlash nafaqat kristallning fizik xossalriga balki, ular asosida yaratiladigan elektron asboblarning xossalriga ham ta'sir etadi. Kristall panjara tekisliklari odatda Miller indekslari (belgilari) bilan aniqlanadi. Bunda ko'rilayotgan tekislikning koordinata o'qlari bilan kesishgan nuqtalarini x_0, y_0, z_0 deb belgilab olsak va bu x_0, y_0, z_0 larning panjara doimiysiga taqsimoti $\frac{x_0}{a}; \frac{y_0}{b}; \frac{z_0}{c}$, (a, b, c panjara doimiylari) qandaydir butun son qiymatlarini beradi. Masalan 2;4;1. Endi bu sonlarning teskari qiymatlarini olib, $\frac{1}{2}; \frac{1}{4}; \frac{1}{1}$; ularni shunday kichik butun songa bo'laylikki, chiqqan natijalar butun son shaklida ifodalansin. Masalan $\frac{1}{2}; \frac{1}{4}; \frac{1}{1}$ (bularning hammasiga bo'linadigan eng kichik butun son 4 bo'ladi). Unda (2; 4; 1) Miller indekslari hisoblanadi. Odatda ularni (h, k, l) bilan belgilanadi. Bu Miller indekslari alohida yoki o'zaro parallel bo'lgan tekisliklar majmuasini ifoda etadi.



1.2 – rasm. Miller indekslari.

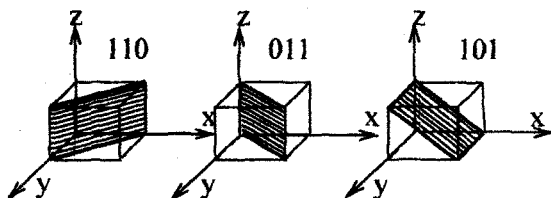
X o'qiga perpendikulyar bo'lgan tekisliklar (1;0;0) belgisi bilan, y o'qida esa (0;0;1) indekslari bilan ifodalanadi.

z 100 z 010 z 001



1.3. – rasm. x, y va z o'qlariga perpendikulyar bo'lgan tekisliklar.

Agar indeks (1; 1;0) bo'lsa, z o'qiga parallel ammo, x va y o'qlarini bir xil masofada kesgan tekisliklarni ifodalaydi. Xuddi shunday (0;1;1) yoki (1;0;1) tekisliklar ham mavjud bo'ladi.



1.4 – rasm. Bitta o'qqa parallel, qolgan o'qlarni bir xil masofada kesgan tekisliklarning ko'rinishi.

Agar tekislikni uchala koordinata o'qi x,y,z ni bir xil masofada kesgan bo'lsa, bunday tekislik (1; 1; 1) bilan ifodalanadi.



1.5 – rasm. Tekislikni uchala koordinata o'qi x,y,z ni bir xil masofada kesgan tekisliklarning ko'rinishi.

Agar tekisliklar koordinata o'qlarining manfiy tomonini kesgan bo'lsa, unda ularning indekslarining ustiga manfiy belgisi qo'yiladi. Masalan x o'qining manfiy qiymatini kesgan tekislik (h^- , k, l) yoki x,y,z o'qlarining manfiy qiymatlarini kesgan tekislikni (h^-, k^-, l^-) deb belgilanadi.

Shunday qilib Miller indekslari yoki belgilari kristall panjaradagi har xil tekisliklar joylashishini ko'rsatadi. Odatda kristall o'stirilayotganda oldindan qanday tekislik va yo'nalish bo'yicha o'stirishi aniqlanadi va shunga mos yo'nalishga ega bo'lgan diametri o'ta kichik monokristall (zatravka) dan foydalaniladi.

1.4. Teskari elementar panjara

To'g'ri elementar panjarani aks ettiruvchi asosiy vektorlar $\bar{a}; \bar{b}; \bar{c}$ bo'lib, bular asosida xohlagan kattalikdagi kristall panjarani hosil qilish

mumkin. Buning uchun vektorlarni o'z yo'nalishlari bo'yicha xohlagan ko'chirilganda hosil qilingan kristall panjara hajmi quyidagicha ifodalanadi:

$$V = n\bar{a} \cdot m\bar{b} \cdot d\bar{c} \quad (1.2)$$

Kristallardagi elektronlarning energetik holatini to'laroq tasavvur qilish uchun hamda kristallarda rentgen nurlarining difraksiyasini chuqurroq tushunish uchun teskari elementar panjara tushunchasi kiritilgan. Teskari panjarani asosiy vektorlari quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{A} = 2\pi \frac{\bar{b} \times \bar{c}}{\bar{a} \cdot \bar{b} \times \bar{c}} \quad \bar{B} = 2\pi \frac{\bar{a} \times \bar{c}}{\bar{b} \cdot \bar{a} \times \bar{c}} \quad \bar{C} = 2\pi \frac{\bar{a} \times \bar{b}}{\bar{c} \cdot \bar{a} \times \bar{b}} \quad (1.3)$$

bundan ko'rinib turibdiki, teskari panjara vektorlari $\bar{A}\bar{b}$ va \bar{c} ga, \bar{B} esa \bar{a} va \bar{c} ga; \bar{C} esa \bar{a} va \bar{b} larga perpendikulyar holda bo'ladi. Bunda teskari elementar panjara hajmi

$$V = \frac{(2\pi)^3}{V_{\text{to'g'iri}}} \text{ ga teng (1.4)}$$

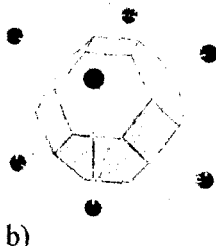
Agar biz tomonlari a ga teng bo'lgan kub kristall panjarani olsak, unga teskari panjara tomonlari (2) formulaga asosan $A = \frac{2\pi}{a}$ bo'ladi va bunday teskari panjara ham oddiy kub panjara bo'ladi.

Teskari elementar panjarani Vigner-Zeyts usuli bilan shakllantirish mumkin. Bunda Bravye panjarasidagi ixtiyoriy tugundan to'g'ri chiziq orqali yaqin tugunlarni birlashtiriladi. Undan so'ng bu chiziqlarni teng ikkiga bo'ladigan va ularga perpendikulyar chiziqlar o'tkaziladi. O'sha chiziqlar kesishgan yuzalarda hosil bo'lgan shakl Vigner-Zeyts yacheykasi deb ataladi.



1.6 - rasm. Ikki yoqlama Bravye panjarasi uchun Vigner - Zeyts yacheykasi.

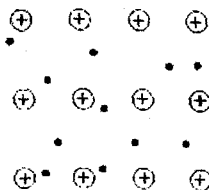
Teskari elementar panjara Bravye panjarasidagi barcha simmetriya elementlarini o'z ichiga oladi. Shuning uchun ham teskari elementar panjara ichida elektron o'zining barcha energetik holatlariga ega bo'ladi va bu panjara bilan chegaralangan hajmni birinchi Brillouin sohasi deb ataladi.



1.7 – rasm. Vigner-Zeyts yacheykalari (kesilgan (a) oktaedrik va (b) rombik dodekaedrik ko‘rinishi).

1.5. Qattiq jismlarda kimyoviy bog‘lanish

Qattiq jismlarni tashkil etgan atomlarni qanday kuchlar o‘zaro bog‘lab turadi, bu kuchlarning tabiati qanaqa? Qattiq jismlarda kimyoviy bog‘lanishni tabiatiga ko‘ra asosan 4- xilga bo‘lishi mumkin-metal bog‘lanishlar, ion bog‘lanishlar, kovalent bog‘lanish va Van-der-Vaals bog‘lanishlar. Kimyoviy bog‘lanishlarni tabiati shuni ko‘rsatadiki, qanday turdagi kimyoviy bog‘lanish bo‘lishidan qat‘iy nazar, qattiq jismni tashkil etgan atomlar kimyoviy bog‘lanish natijasida o‘zining tashqi elektron qobiqlarini elektron bilan to‘ldiradi. Ya‘ni, 8- guruh elementlari, inert gaz atomlari kabi bo‘ladi. **Metall bog‘lanish** - asosan kristalda davriy joylashgan musbat ionlar bilan umumlashgan erkin valent elektronlari orasidagi o‘zaro elektrostatik ta‘sir kuchlaridan iborat bo‘ladi. Masalan, eng yaxshi metallar Cu, Ag va Au ni oladigan bo‘lsak, ularning tashqi elektron qobiqlari $3d^{10}4s^1$, $4d^{10}5s^1$, $5d^{10}6s^1$ - ya‘ni ularda d- elektron qobig‘i to‘lgan shuning uchun s^1 - elektronlar erkin holga o‘tib, elektron gazi yoki elektron bulutini hosil qiladi. Bunda elektronlar konsentratsiyasi atomlar konsentratsiyasiga teng, bo‘lib elektronlar metallarda yuqori elektr o‘tkazuvchanlikni ta‘minlaydi.



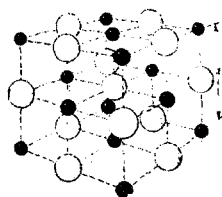
erkin elektronlar

+ kristall panjara tugunlarida joylashgan ionlar

1.8 – rasm. Metall bog‘lanish.

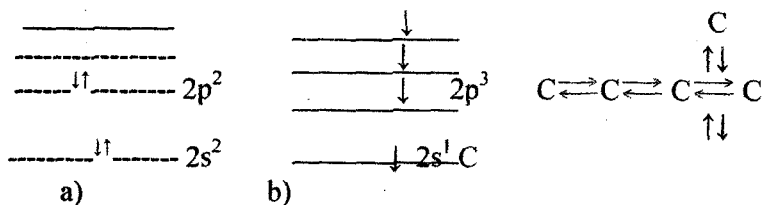
Ion bog‘lanishda - kristallni tashkil etgan atomlarning biri o‘zining elektronlar bilan to‘ldirish mumkin bo‘lmagan tashqi valent elektronini ikkinchi atomga berish yo‘li bilan musbat ionga aylanib elektron qobig‘ini to‘ntaradi. Ikkinchi atom esa, olgan elektron hisobiga o‘zining tashqi elektron qobig‘ini to‘ldiradi va manfiy ionga aylanadi. Masalan, NaCl Na- atomining elektron qobig‘i $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, Cl- atomining elektron qobig‘i $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$. Demak, Na atomidan bitta elektron Cl atomiga o‘tishi bilan Na atomi $1s^2 2s^2 2p^6$ va Cl da ham $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ tashqi qobig‘i to‘lgan. NaCl kristallida manfiy va musbat ionlar ketma-ket joylashgan bo‘ladi.

○ -Na(Natriy)ioni
● - (Xlor) ioni



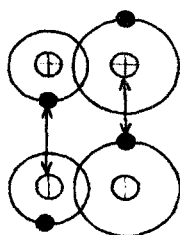
1.9 – rasm.
Ion bog‘lanish.

Kovalent bog‘lanish - buni gomopolyar bog‘lanish deb ham atashadi. Bunday bog‘lanishda kristalldagi qo‘shni atomlar qarama-qarshi spinga ega bo‘lgan valent elektronlar ikkita atom orasida umumiy bo‘lishi bilan elektron qobig‘lar to‘ladi. Elektronlar bunda bir atomdan ikkinchi atomga to‘liq o‘tmaganligi uchun bunday bog‘lanishda musbat yoki manfiy ionlar hosil bo‘lmaydi, hamma atomlar elektroneytral holda bo‘lishi bilan birga valent elektronlar kimyoviy bog‘lanishi qatnashadi, erkin elektronlar paydo bo‘lmaydi. Shuning uchun ham, kovalent bog‘lanishga ega bo‘lgan kristallarning elektr o‘tkazuvchanligi metallarga nisbatan juda kam bo‘ladi. Misol uchun uglerod atomlaridan tashkil topgan olmos kristalli kovalent bog‘lanishning eng ideal turi hisoblanadi. Bunda uglerod atomlari alohida qaralganda uni tashqi elektron qobig‘ida elektronlar $2s^2 2p^2$ holatda joylashgan bo‘ladi (rasm 1-a) uglerod kristallida esa, kristall panjara potensial maydoni ta’sirida valent elektronlar boshqacha joylashadi (rasm 1-b).



1.10 - rasm. Kovalent bog'lanish.

Endi bu atom o'zining to'lmagan 2s va 2p satihlarida, spinlari qarama-qarshi bo'lgan to'rt qo'shnisidan elektronlar olish yo'li bilan, o'zining tashqi elektron qobig'iga elektronlar soni 8 taga yetkazadi ya'ni $2s^2 2p^6$ ko'rinishda bo'ladi. Bunday kovalent bog'lanishda qatnashayotgan barcha atomlarning elektron qobig'lari to'ladi va uglerod atomlarining barcha valent elektronlari kimyoviy bog'lanishda ishtirok etadi. Bun bog'lanish ancha kuchli bog'lanish bo'lishi bilan, erkin elektronlar yo'qligi tufayli dielektrik xossasiga ega bo'ladi. Van-der-Vaals bog'lanishlar boshqa bog'lanishlarga nisbatan o'ta kuchsiz bog'lanish bo'lib, bunday bog'lanish o'ta past haroratlarda ($T \sim 1-4K$) va yuqori bosim ostidagi inert gaz atomlari hosil qilgan kristallarda yuzaga keladi. Bunda atomlardagi elektronlar o'ta kichik vaqt ichida o'z yadrosi bilan dipol hosil qilishi natijasida qolgan atomlarning polarizatsiya qilinishiga va natijada atomlar o'zaro bog'lanib, kristall hosil bo'lishiga olib keladi.



1.11-rasm.
Van-der-Vaals bog'lanish.

1.6 Kristall panjara nuqsonlari

Kristall panjara nuqsonlari-bu kristallardagi atomlarning davriylik va tartibli joylashishining buzilishiga aytiladi. Nuqsonlarni ularning geometrik o'lchovlariga ko'ra uch turga bo'lish mumkin-

nuqtaviy, chiziqli va hajmiy. Nuqtaviy nuqsonlarga geometrik o'lchovlari, panjara doimiysidan uncha katta bo'lmagan nuqsonlar kiradi. Nuqtaviy nuqsonlar o'z tabiatiga ko'ra yana bir necha xilga bo'linadi.

1. Kristalldagi kirishma atomlari, ya'ni kristall panjarani tashkil etgan asosiy atomlardan boshqa har qanday atomlar nuqsonidir. Chunki, o'zlarining atom radiusi va massasi bilan asosiy atomlardan farq qilgani uchun ular hatto panjaradagi asosiy atom o'rini egallagan bo'lsa, uning atom radiusini farqi tufayli panjara doimiysini o'zgartiradi, ya'ni davriylik buziladi. Odatda eng toza metall kristallar (tozaligi 99.999 %) bo'lganda undagi kirishma atomlar soni kamida 10^{-30} %, ya'ni $(5 \div 10)10^{19} \text{ sm}^{-3}$ miqdorda bo'ladi.

2. Vakansiya- ya'ni kristall panjara tugunidagi atomning bo'shab qolgan o'ri. Har qanday haroratda (faqat $T=0\text{K}$ dan boshqa) atomlar kinetik energiyasi ($E_k=kT$) tufayli hamma vaqt o'z muvozanat holati atrofida tebranib turadi. Bunday atomlarning o'z o'ridan ketishi, tugunlar orasiga joylashishi hisobiga vakansiya paydo bo'ladi. Bunday vakansiyalarning berilgan haroratdagi konsentratsiyasi

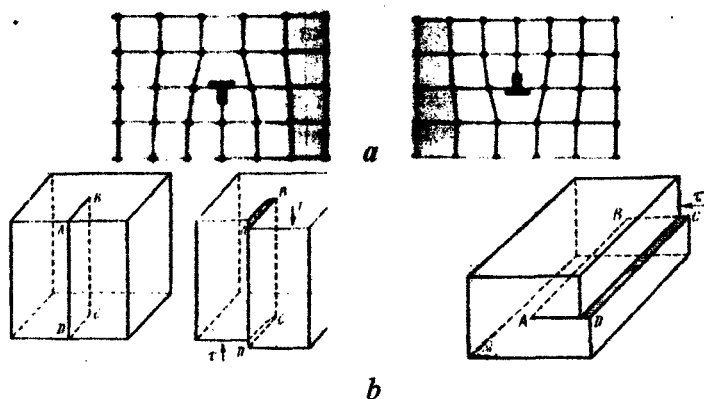
$$N_V = N_s \cdot e^{-\frac{E_V}{kT}} \quad (1.5).$$

Ifoda bilan aniqlanadi. Bu erda N_s - kristalldagi atomlar konsentratsiyasi, E_V - vakansiya paydo bo'lishi uchun kerak bo'lgan energiya, E_V ning qiymati kristallar tabiati, kimyoviy bog'lanishlar turiga qarab $E=1 \div 5 \text{ eV}$ atrofida bo'ladi. Ion kristallarda (NaCl) vakansiyalar, qaysi atom o'rniga paydo bo'lishiga qarab, ularni tabiati 2 xil bo'ladi.

3. Kristallarga katta energiyaga ega bo'lgan radio faol nurlar ($\alpha\beta\gamma$) lar ta'sir qilganda ham nuqtaviy nuqsonlar hosil bo'ladi. Bunday nuqsonlarni radiyatsion nuqsonlar deb ataladi. Bunda, energiyasi atomlarning kristalldagi bog'lanish energiyasidan juda katta bo'lgan elektron, neytron yoki γ nurlari atomlar bilan to'qnashib ularni o'z joyidan chiqarib tashlaydi. Natijada, tugunlararo atomlar paydo bo'ladi. Bularni birlamchi radiyatsion nuqsonlar deb ataladi. Radiyatsiya ta'siri uzoq bo'lgan holatlarda, bunday vakansiya va tugunlar aro atomlar o'z aro uchrashib divakansiya yoki ko'proq vakansiyalar to'planishi, hisobiga ikkilamchi radiyatsion nuqsonlarni hosil qiladi. Radiyatsion

nuqsonlarning turlari konsentratsiyasi va kristalldagi taqsimoti radiofaol nurlarning energiyasi va kristallga ta'sir qilish vaqtiga bog'liq bo'ladi.

Chiziqli nuqsonlar-kristall panjaraning bir chiziq bo'yicha buzilishidir (chiziq albatta to'g'ri chiziq bo'lishi shart emas). Chiziqli nuqsonlarning eni bir yoki bir necha panjara doimiysidan ortiq bo'lmagan holda, ularning uzunligi butun kristall uzunligi bo'yicha bo'lishi ham mumkin, bunday nuqsonlar dislokatsiya deb ataladi. Dislokatsiyalar o'z tabiatiga ko'ra 2 xil bo'lishi mumkin-chegaraviy va buramali. Chegaraviy dislokatsiyalar ideal kristallning ma'lum bir yuzasiga deformatsiya ta'sir qilish bilan ustki kristall tekisligining ostgi tekisligiga nisbatan siljigan hisobiga hosil bo'ladi.



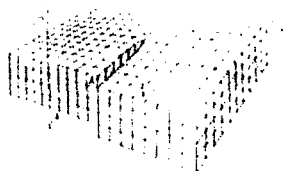
1.12 - rasm. Chiziqli dislokatsiya (a),
Siljish yuzaga kelgan chiziqli dislokatsiya (b).

Buramali dislokatsiya – kristallning bir qismini ikkinchi qismiga ko'ra parallel, ammo qarama-qarshi kuch yo'nalishi bo'yicha deformatsiya qilingan holatda yuzaga keladi. Bu quydagi rasmda o'z aksini topgan (buyerda τ -siljish vektori).

Demak, buramali va chegaraviy dislokatsiyalar kristallarning bir qismini ikkinchi qismiga nisbatan siljigan chegaralardir. Bunday siljish kuchlarining vektorlari chegaraviy dislokatsiyalarda perpendikulyar, buramali dislokatsiyalarda parallel bo'ladi. Deformatsiya vaqtida kristallning deformatsiyaga uchragan qismining deformatsiyaga uchramagan qismiga nisbatan siljishi natijasida chegarasi yuzaga keladi, bu chiziq dislokatsiya deb ataladi. Odatdagi kristalllarda mavjud

bo'lmagan dislokatsiya zichligi $N=10^2 \div 10^4 \text{ sm}^{-2}$ ga to'g'ri keladi. Katta zichlikdagi dislokatsiya hosil qilish uchun kristallarni yuqori bosim bilan deformatsiya qilishga to'g'ri keladi. Dislokatsiyalar kristallarning mexanik mustahkamligini va boshqa xossalarini o'zgartiradi.

Hajmiy nuqsonlarga - asosan, kristall ichida yuzaga keladigan kirishma atomlarini klasterlari kiradi. Klaster- bu ma'lum konsentratsiyadagi kirishma atomlar uning yoki nuqtaviy nuqsonlarning kristall panjarada ma'lum tuzilishga ega bo'lgan holatidir. Klasterlar bir necha atomdan boshlab, to million atomlardan tashkil topishi mumkin.



1.13— rasm. Buramali dislokatsiya.

1-bobga doir sinov savollari:

1. Qattiq jism deb nimaga aytiladi?
2. Qattiq jismlar fizik xossalariga ko'ra qanday turlarga bo'linadi?
3. Kristall deganda nima tushuniladi?
4. Kristall panjara nima?
5. Kristallar tuzilishiga ko'ra necha turga bo'linadi?
6. Miller indeksi nima?
7. Koordinatsion son nima va u nimani ko'rsatadi?
8. Qattiq jismlar qanday kimyoviy bog'lanishlarga ega?
9. Kovalent bog'lanishning ion va metall bog'lanishlardan asosiy farqi?
10. Elementar va teskari elementar panjara nima?

1-bobga doir masalalar:

1. Elementar kub panjaralar turlarini chizib ko'rsating.
2. Elementar kub panjaralar tugunlarida nechta atom joylashgan,
3. Oddiy kub elementar yacheyka panjarasida 1, 2, 3, 4, 5, 6 darajalik koordinatsion sonlarni aniqlang va chizib ko'rsating.
4. Oddiy kub elementar panjara doimiysi a, bo'lsa uning 3, 5, 6 koordinatsion sonlariga mos masofalarni aniqlang.